

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-148225

(43)Date of publication of application : 21.05.2003

(51)Int.Cl.

F02D 43/00  
B01D 53/94  
F01L 1/34  
F01L 13/00  
F01N 3/20  
F01N 3/24  
F02D 13/02  
F02D 21/08  
F02D 41/04  
F02M 25/07

(21)Application number : 2001-340915

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 06.11.2001

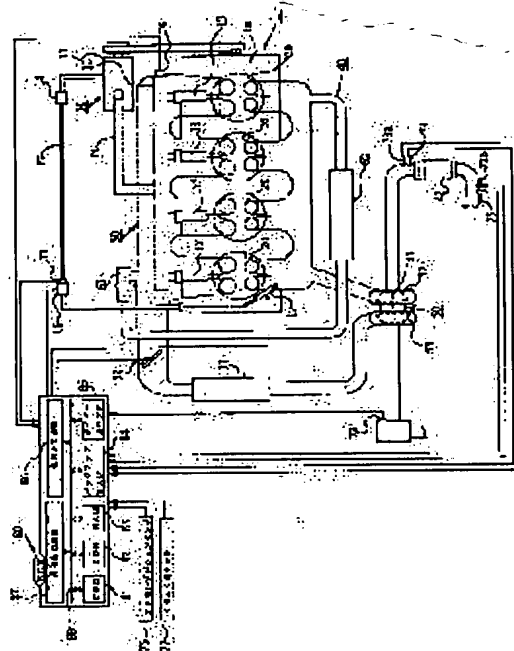
(72)Inventor : HASHIMOTO YOSHINOBU  
SASAKI SHIZUO  
YOSHIZAKI KOJI  
KOBAYASHI NOBUKI

## (54) EXHAUST EMISSION CONTROL DEVICE FOR DIESEL ENGINE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an exhaust emission control device for a diesel engine efficiently activating an exhaust catalyst, in a diesel engine with a function recirculating part of exhaust to an intake system.

**SOLUTION:** An ECU 80 for totally controlling an operational state of an engine 1 prohibits exhaust circulation through an EGR passage 60, and performs control (alternative control of low temperature combustion) to obtain an effect of an inner EGR by driving a VVT mechanism to effectively increase a temperature of a NOx catalyst disposed to an exhaust system 40, when following conditions are satisfied: heat supply to the NOx catalyst is required to activate the NOx disposed to the exhaust system 40 or to keep the NOx in an active state; and the preferred operational state of the engine is optimized by mixing an inactive gas into combustion gas.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.05.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.06.2007

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-148225

(P2003-148225A)

(43) 公開日 平成15年5月21日 (2003.5.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)	
F 0 2 D 43/00	3 0 1	F 0 2 D 43/00	3 0 1 N	3 G 0 1 8
			3 0 1 Z	3 G 0 6 2
B 0 1 D 53/94		F 0 1 L 1/34	E	3 G 0 8 4
F 0 1 L 1/34		13/00	3 0 1 Y	3 G 0 9 1
13/00	3 0 1	F 0 1 N 3/20	D	3 G 0 9 2
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願2001-340915(P2001-340915)

(22) 出願日 平成13年11月6日 (2001.11.6)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 橋本 佳宜

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 佐々木 静夫

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100089244

弁理士 遠山 勉 (外3名)

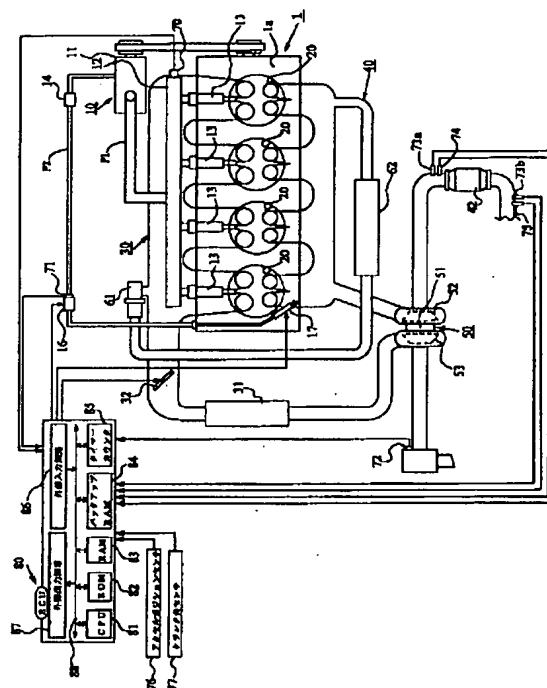
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 ディーゼルエンジンの排気浄化装置

## (57) 【要約】

【課題】 排気の一部を吸気系に還流させる機能を備えたディーゼルエンジンにおいて、排気浄化触媒を効率的に活性化させることのできるディーゼルエンジンの排気浄化装置を提供する。

【解決手段】 エンジン1の運転状態を統括制御するECU80は、排気系40に設けられたNOx触媒の活性化を図る上で、或いはNOx触媒が活性化された状態を保持する上で同触媒への熱供給が必要とされており、且つ、燃焼ガス中への不活性ガスを混入することがエンジンの運転状態を好適化し得る条件が成立した場合には、EGR通路60を介した排気還流を禁止するとともに、VVT機構を駆動して内部EGRの効果を得る制御（低温燃焼の代替的な制御）を実施することにより、排気系40に設けられたNOx触媒を効率的に昇温する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】ディーゼルエンジンの排気系に設けられ、排気中の有害成分を浄化する排気浄化触媒と、前記排気系の前記排気浄化触媒上流から当該エンジンの吸気系に排気を還流させる排気還流通路と、前記排気還流通路内を冷却する冷却手段と、前記排気還流通路内を還流する排気の流量を調整する流量調整手段と、当該エンジンの出力軸の回転動作に連動して往復動作する吸気バルブ及び排気バルブの少なくとも一方について、前記出力軸の回転動作に対応する動作特性を可変とするバルブ特性可変機構と、を備えるディーゼルエンジンの排気浄化装置において、前記排気浄化触媒の温度が所定値を下回っている場合、前記還流する排気の流量を減じるとともに、前記吸気バルブの動作特性及び前記排気バルブの動作特性のうち少なくとも一方を制御して、当該エンジンの燃焼室内に残留する排気を増量する制御手段を備えることを特徴とするディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項 2】当該エンジンの各燃焼室内の圧力を検出する圧力検出手段を備えて、且つ、前記制御手段は、前記検出される圧力が所定値を下回るように各燃焼室内に残留する排気の量を制限することを特徴とする請求項 1 記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ディーゼルの排気に含まれる有害成分や微粒子等を浄化する排気浄化装置に関し、とくに、前記排気系の前記排気浄化触媒上流から当該エンジンの吸気系に排気を還流させる排気還流通路を備えたディーゼルエンジンの排気浄化装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、内燃機関の機関燃焼に伴う窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) の発生を抑制するための装置として、排気の一部を当該機関の吸気系に還流させる機能を有する排気還流 (EGR: Exhaust Gas Recirculation) 装置が知られている。EGR 装置は、内燃機関の排気系と吸気系との間を連絡する EGR 通路や、同 EGR 通路を開閉する制御弁 (EGR 弁) 等を備えて構成される。EGR 通路を通じて排気の一部が吸気に混入すると、機関燃焼に供される混合気中の不活性ガス濃度が高められて燃焼温度が低下するため、燃焼ガス中、ひいては排気中における  $\text{NO}_x$  の発生量が低減されるようになる。EGR 装置を通じて行う排気還流は、機関の燃焼状態に不具合が生じない限り、できるだけ広範囲に亘る運転領域で実施するのが好ましい。とくにディーゼルエンジンでは、アイドリング等、機関負荷の低い運転条件下においても多量の排気を吸気系に還流する (いわゆる低温燃焼を行

う) ことで、排気中の  $\text{NO}_x$  のみならずスモークの発生量も極めて低いレベルに抑制することができる (例えば特開 2000-8835 号公報)。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】一方、ディーゼルエンジンも含め一般の内燃機関には、排気中に含まれる有害成分を浄化するべくその排気系に排気浄化用触媒が備えられる。そして機関運転時には、排気浄化触媒を活性化させるために、例えば排気の温度をある程度高い状態に保持すること等により、当該触媒の床温が所定値を上回る条件を確保する必要がある。とりわけディーゼルエンジンのように、大半の運転領域において空燃比の高い (リーン雰囲気) の混合気を機関燃焼に供する内燃機関では、排気中において燃焼に供されなかった空気の占める割合が大きいため、排気の温度が低くなりやすい。とくに冷間始動時等には、暖機が完了するまでに比較的長時間を要する場合が多い。

【0004】ところが、同公報にも記載されているように、内燃機関に搭載される EGR 装置では、EGR 通路から還流される排気の熱に起因する機関吸気の温度上昇を極力抑制するために、EGR 通路を還流する排気に対し積極的に放熱を促す装置構成が適用される。

【0005】つまり、冷間始動時等、排気の温度が低く排気浄化触媒が活性化され難い条件下では、EGR 装置の機能を活用して排気中の  $\text{NO}_x$  量を低減しようと試みた場合、還流される排気に対し放熱が促されることになり、排気浄化触媒に効率的な熱供給が行われなくなる。このため、排気浄化触媒の活性化に要する時間を徒に長期化させてしまい、効率的な排気の浄化が図れなかった。

【0006】本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、排気の一部を吸気系に還流させる機能を備えたディーゼルエンジンにおいて、排気浄化触媒を効率的に活性化させることのできるディーゼルエンジンの排気浄化装置を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、ディーゼルエンジンの排気系に設けられ、排気中の有害成分を浄化する排気浄化触媒と、前記排気系の前記排気浄化触媒上流から当該エンジンの吸気系に排気を還流させる排気還流通路と、前記排気還流通路内を冷却する冷却手段と、前記排気還流通路内を還流する排気の流量を調整する流量調整手段と、当該エンジンの出力軸の回転動作に連動して往復動作する吸気バルブ及び排気バルブの少なくとも一方について、前記出力軸の回転動作に対応する動作特性を可変とするバルブ特性可変機構と、を備えるディーゼルエンジンの排気浄化装置において、前記排気浄化触媒の温度が所定値を下回っている場合、前記還流する排気の流量を減じるととも

に、前記吸気バルブの動作特性及び前記排気バルブの動作特性のうち少なくとも一方を制御して、当該エンジンの燃焼室内に残留する排気を増量する制御手段を備えることを要旨とする。

【0008】なお、前記排気浄化触媒の温度が所定値を下回っている場合とは、当該触媒がその排気浄化能力を十分発揮すべく活性化された状態に至っていない条件や、活性化された状態を保持するのが困難である条件に相当する。例えば、冷間始動時や、比較的長期間に亘り機関負荷や機関回転数の低い運転状態が継続したとき（例えば冷間運転時）等にこのような条件が成立しやすい。ここで、排気を還流させることにより燃焼ガス中の不活性成分量を増大させ、もって排気中の $\text{NO}_x$ 量を減じる制御は、広い機関運転領域で有効に活用され得る。とくに、前記排気浄化触媒の温度が所定値を下回っている条件下では、排気中の $\text{NO}_x$ 量のみならず、スモーク量をも減じることができるため、その制御を継続することが望ましい。その反面、還流される排気は前記排気還流通路を流れる過程で冷却手段によって熱を奪われることになるため、機関運転に伴って発生する熱の前記排気浄化触媒の活性化のために割り当てるといった観点からは、効率的であるといえない。

【0009】同構成によれば、機関運転に伴って発生する熱が効率的に活用されることで、冷間始動時等において不活性な状態にある（若しくは活性化し難い条件下にある）排気浄化触媒が速やかに活性化されることになり、しかも排気還流の実行を通じて得られる効果と同等の効果が、バルブ特性可変機構の動作を通じて代替的に得られる。このような制御構造を適用して排気浄化触媒を速やかに活性化させた後、排気還流による排気特性の最適化を開始することとすれば、排気浄化触媒の作用と、排気還流通路の作用と、バルブ特性可変機構の作用とを併せた総体的な排気浄化の効率が向上する。

【0010】また、上記構成からなる排気浄化装置は、当該エンジンの各燃焼室内の圧力を検出する圧力検出手段を備えて、且つ、前記制御手段は、前記検出される圧力が所定値を下回るように各燃焼室に残留する排気量を制限するのが好ましい。

【0011】同構成によれば、各燃焼室に残留する排気量が過剰に増大することで発生する機関燃焼状態の不具合、或いはその前兆が、当該エンジンを構成する個々の燃焼室について観測され、その観測結果が前記バルブ特性可変機構の動作に反映（フィードバック）されることになる。よって、当該エンジンの排気特性を良好な状態に保持しつつ前記排気浄化触媒の暖機を早期に完了する制御を実行する一方で、当該制御の実行中、当該エンジンにとって安定した機関燃焼状態が確保される。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかるディーゼルエンジンの排気浄化装置を具体化した一実施の形態につ

いて説明する。

【0013】〔エンジンシステムの構造及び機能〕図1において、ディーゼルエンジン（以下、エンジンという）1は、燃料供給系10、燃焼室20、吸気系30及び排気系40等を主要部として構成される直列4気筒の内燃機関である。

【0014】まず、燃料供給系10は、サプライポンプ11、コモンレール12、燃料噴射弁13、遮断弁14、調量弁16、還元剤添加弁17、機関燃料通路P1及び添加燃料通路P2等を備えて構成される。

【0015】サプライポンプ11は、燃料タンク（図示略）から汲み上げた燃料を高圧にし、機関燃料通路P1を介してコモンレール12に供給する。コモンレール12は、サプライポンプ11から供給された高圧燃料を所定圧力に保持（蓄圧）する蓄圧室としての機能を有し、この蓄圧した燃料を各燃料噴射弁13に分配する。燃料噴射弁13は、その内部に電磁ソレノイド（図示略）を備えた電磁弁であり、適宜開弁して燃焼室20内に燃料を噴射供給する。

【0016】他方、サプライポンプ11は、燃料タンクから汲み上げた燃料の一部を添加燃料通路P2を介して還元剤添加弁17に供給する。添加燃料通路P2には、サプライポンプ11から還元剤添加弁17に向かって遮断弁14及び調量弁16が順次配設されている。遮断弁14は、緊急時において添加燃料通路P2を遮断し、燃料供給を停止する。調量弁16は、還元剤添加弁17に供給する燃料の圧力（燃圧）PGを制御する。還元剤添加弁17は、燃料噴射弁13と同じくその内部に電磁ソレノイド（図示略）を備えた電磁弁であり、還元剤として機能する燃料を、適宜の量、適宜のタイミングで排気系40の触媒ケーシング42上流に添加供給する。

【0017】吸気系30は、各燃焼室20内に供給される吸入空気の流れ（吸気通路）を形成する。一方、排気系40は、各燃焼室20から排出される排気ガスの通路（排気通路）を形成する。

【0018】また、このエンジン1には、周知の過給機（ターボチャージャ）50が設けられている。ターボチャージャ50は、シャフト51を介して連結された2つのタービンホイール52、53を備える。一方のタービンホイール（吸気側タービンホイール）52は、吸気系30内の吸気に晒され、他方のタービンホイール（排気側タービンホイール）53は排気系40内の排気に晒される。このような構成を有するターボチャージャ50は、排気側タービンホイール52が受ける排気流（排気圧）を利用して吸気側タービンホイール53を回転させ、吸気圧を高めるといったいわゆる過給を行う。

【0019】吸気系30において、ターボチャージャ50に設けられたインタークーラ31は、過給によって昇温した吸入空気を強制冷却する。インタークーラ31よりもさらに下流に設けられたスロットル弁32は、その

開度を無段階に調節することのできる電子制御式の開閉弁であり、所定の条件下において吸入空気の流路面積を変更し、同吸入空気の供給量（流量）を調整する機能を有する。

【0020】また、エンジン1には、燃焼室20の上流（吸気系30）及び下流（排気系40）をバイパスする排気還流通路（EGR通路）60が形成されている。このEGR通路60は、排気の一部を適宜吸気系30に戻す機能を有する。EGR通路60には、電子制御によって無段階に開閉され、同通路を流れる排気（EGRガス）の流量を自在に調整することができるEGR弁61と、EGR通路60を通過（還流）する排気を冷却するためのEGRクーラ62が設けられている。

【0021】また、排気系40において、同排気系40及びEGR通路60の連絡部位の下流には、吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒（以下、単にNO<sub>x</sub>触媒という）を収容した触媒ケーシング42が設けられている。

【0022】また、エンジン1の各部位には、各種センサが取り付けられており、当該部位の環境条件や、エンジン1の運転状態に関する信号を出力する。

【0023】すなわち、レール圧センサ70は、コモンレール12内に蓄えられている燃料の圧力に応じた検出信号を出力する。燃圧センサ71は、添加燃料通路P2内を流通する燃料のうち、調量弁16を介して還元剤添加弁17に導入される燃料の圧力（燃圧）PGに応じた検出信号を出力する。エアフロメータ72は、吸気系30内のスロットル弁32下流において吸入空気の流量（吸気量）GAに応じた検出信号を出力する。空燃比（A/F）センサ73aは、排気系40の触媒ケーシング42上流において排気中の酸素濃度に応じて連続的に変化する検出信号を出力する。空燃比（A/F）センサ73bは、排気系40の触媒ケーシング42下流において排気中の酸素濃度に応じて連続的に変化する検出信号を出力する。排気温センサ74は、排気系40において触媒ケーシング42の排気流入部位に取り付けられ、当該部位における排気の温度（排気温度）TEXに応じた検出信号を出力する。NO<sub>x</sub>センサ75は、同じく排気系40の触媒ケーシング42下流において排気中のNO<sub>x</sub>濃度に応じて連続的に変化する検出信号を出力する。

【0024】また、アクセルポジションセンサ76はエンジン1のアクセルペダル（図示略）に取り付けられ、同ペダルの踏み込み量ACCに応じた検出信号を出力する。クランク角センサ77は、エンジン1の出力軸（クランクシャフト；図示略）が一定角度回転する毎に検出信号（パルス）を出力する。これら各センサ70～77は、電子制御装置（ECU）80と電気的に接続されている。

【0025】またエンジン1には、各燃焼室20に対応して設けられた排気バルブの開閉動作タイミングを可変制御する周知のバルブタイミング可変機構が搭載されて

いる。

【0026】図2は、エンジン1に搭載されるバルブタイミング可変機構をその周辺部材と併せて概略的に示す斜視図である。同図2に示すように、バルブタイミング可変機構（以下、VVT機構という）90は、エンジン1の排気カムシャフト91の先端部に当該排気カムシャフト91と相対回転可能に装着されている。VVT機構90と一体に回転するように設けられた排気カムスプロケット90Aと、吸気カムシャフト92の先端部に当該吸気カムシャフト92と一体に回転するように設けられた吸気カムスプロケット90Bとは、エンジン1のクランクシャフト（図示略）に当該クランクシャフトと一体に回転するように設けられたクランクシャフト・スプロケット（図示略）と、タイミングチェーン90Cを介して駆動連結されている。このクランクシャフト・スプロケットと排気カムスプロケット90A（或いは吸気カムスプロケット）90Bとのギア比は1：2であり、クランクシャフト・スプロケットが1回転する間に排気カムスプロケット90A（或いは吸気カムスプロケット）90Bは2回転する。排気カムシャフト91及び吸気カムシャフト92には、それぞれ複数の排気カム91a及び吸気カム92aが一体回転可能に設けられている。排気カム91a及び吸気カム92aは、その押圧に基づき排気バルブ91b及び吸気バルブ92bを開閉駆動する。VVT機構90はECU80の指令信号に基づいて油圧駆動され、排気カムシャフト91との相対的な回転位相を所望の状態に調整する機能を有する。すなわち、吸気カムシャフト92がクランクシャフトと同期して回転するのに対し、排気カムシャフト91とクランクシャフト92との相対回転位相はVVT機構90によって可変とされる。エンジン1では、このようなVVT機構90の機能を通じ、排気バルブ91bの開閉動作タイミング（吸気バルブ92bに対する相対的な動作タイミング）が適宜変更されることになる。排気カムシャフト91の近傍には、ECU80と電気的に接続され、当該排気カムシャフト91が一定角度回転する毎に検出信号（パルス）を出力するカム角センサ95が取り付けられている。

【0027】ECU80は、中央処理装置（CPU）81、読み出し専用メモリ（ROM）82、ランダムアクセスメモリ（RAM）83及びバックアップRAM84、タイマーカウンタ85等を備え、これら各部81～85と、A/D変換器を含む外部入力回路86と、外部出力回路87とが双方向性バス88により接続されて構成される論理演算回路を備える。

【0028】このように構成されたECU80は、上記各種センサの検出信号を外部入力回路87を介して入力し、これら信号に基づき燃料噴射弁13の開閉動作に関する制御や、EGR弁61の開度調整、スロットル弁32の開度調整、或いはVVT機構90の駆動制御等、

10

20

30

40

50

エンジン1の運転状態に関する各種制御を実施する。

【0029】〔触媒ケーシングの構造及び機能〕次に、以上説明したエンジン1の構成要素のうち、排気系40に設けられた触媒ケーシング42について、その構造及び機能を詳しく説明する。

【0030】触媒ケーシング42は、その内部に排気浄化触媒としての吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒（以下、NO<sub>x</sub>触媒という）を収容する。

【0031】NO<sub>x</sub>触媒は、例えばアルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）を主材料とするハニカム形状の構造体（パティキュレートフィルタ）を担体とし、このパティキュレートフィルタ（担体）の表面にNO<sub>x</sub>吸収剤として機能する例えばカリウム（K）、ナトリウム（Na）、リチウム（Li）、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタン（La）、或いはイットリウム（Y）のような希土類と、酸化触媒（貴金属触媒）として機能する例えば白金Ptのような貴金属とが担持されることによって構成される。

【0032】NO<sub>x</sub>吸収剤は、排気中の酸素濃度が高い状態ではNO<sub>x</sub>を吸収し、排気中の酸素濃度が低い状態ではNO<sub>x</sub>を放出する特性を有する。また、排気中にNO<sub>x</sub>が放出されたとき、排気中にHCやCO等が存在していれば、貴金属触媒がこれらHCやCOの酸化反応を促すことで、NO<sub>x</sub>を酸化成分、HCやCOを還元成分とする酸化還元反応が両者間で起こる。すなわち、HCやCOはCO<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>Oに酸化され、NO<sub>x</sub>はN<sub>2</sub>に還元される。

【0033】一方、NO<sub>x</sub>吸収剤は排気中の酸素濃度が高い状態にあるときでも所定の限界量のNO<sub>x</sub>を吸収すると、それ以上NO<sub>x</sub>を吸収しなくなる。エンジン1では、触媒ケーシング42内に収容されたNO<sub>x</sub>吸収剤のNO<sub>x</sub>吸収量が限界量に達する前に、還元剤添加弁17を通じて排気通路の触媒ケーシング42上流に還元剤（本実施の形態では燃料）を添加供給することで、NO<sub>x</sub>触媒に吸収されたNO<sub>x</sub>を放出および還元浄化し、NO<sub>x</sub>吸収剤（NO<sub>x</sub>触媒）のNO<sub>x</sub>吸収能力を回復させるといった制御を所定のインターバルで繰り返す。

【0034】さらに、NO<sub>x</sub>吸収剤や貴金属触媒の担体をなすパティキュレートフィルタは、排気中に含まれる煤等の微粒子やNO<sub>x</sub>等の有害成分を、以下のメカニズムに基づいて浄化する。

【0035】NO<sub>x</sub>触媒が、その構成要素であるNO<sub>x</sub>吸収剤及び貴金属触媒の協働により、排気中の酸素濃度や還元成分量に応じてNO<sub>x</sub>の吸収、放出及び浄化を繰り返すことは上述した通りである。その一方、NO<sub>x</sub>触媒は、このようなNO<sub>x</sub>の浄化を行う過程で副次的に活性酸素を生成する特性を有する。パティキュレートフィルタを排気が通過する際、その排気中に含まれる煤等の微粒子は構造体（多孔質材料）に捕捉される。こ

で、NO<sub>x</sub>触媒の生成する活性酸素は、酸化剤として極めて高い反応性（活性）を有しているため、捕捉された微粒子のうちNO<sub>x</sub>触媒の表面や近傍に堆積した微粒子は、この活性酸素と（輝炎を発することなく）速やかに反応し、浄化されることになる。

【0036】〔燃料噴射制御の概要〕ECU80は、各種センサの検出信号から把握されるエンジン1の運転状態に基づき燃料噴射制御を実施する。本実施の形態において燃料噴射制御とは、各燃料噴射弁13を通じた各燃焼室20内への燃料噴射の実施に関し、燃料の噴射量Q、噴射タイミング、噴射パターンといったパラメータを設定し、これら設定されたパラメータに基づいて個々の燃料噴射弁13の開閉弁操作を実行する一連の処理をいう。

【0037】ECU80は、このような一連の処理を、エンジン1の運転中所定時間毎に繰り返し行う。燃料の噴射量Q及び噴射タイミングは、基本的にはアクセルペダルへの踏み込み量ACCと、エンジン1の回転数（クランク角センサ77のパルス信号に基づいて演算することができるパラメータ）とに基づき、予め設定されたマップ（図示略）を参照して決定する。

【0038】〔EGR制御の概要〕ECU80は、各種センサの検出信号から把握されるエンジン1の運転状態に基づきEGR制御を実施する。本実施の形態においてEGR制御とは、EGR通路60に設けられた電子制御式の開閉弁（EGR弁）61を操作して、EGR通路60を通過するガスの流量、言い換えれば排気系40から吸気系30に還流される排気の流量（いわゆる外部EGR量）を調整する処理をいう。

【0039】目標となるEGR弁61の開弁量（以下、目標開弁量）は、基本的にはエンジン1の負荷や回転数等の運転状態に基づき、予め設定されたマップ（図示略）を参照して決定される。ECU80は、この目標開弁量をエンジン1の運転中所定時間毎に更新し、逐次、EGR弁61の実際の開弁量が更新された目標開弁量に合致するよう同EGR弁61の駆動回路に指令信号を出力する。

【0040】〔EGR制御に基づく低温燃焼〕こうした一連の処理により排気の一部が吸気系30に還流されると、その還流量に応じ機関燃焼に供される混合気中の不活性ガス成分が増量することになる。この結果、エンジン1の燃焼温度が低下し（エンジン1がいわゆる低温燃焼の状態となり）、排気中のNO<sub>x</sub>量が低減される他、例えばEGR率（EGRガスの流量／（EGRガスの流量＋吸入空気の流量））が55％程度を上回る条件下においてスモークがほとんど発生しなくなる。

【0041】また、低温燃焼の実施に伴い排気中の未燃HC（還元成分）が増量することになるため、結果として、還元剤として機能する軽質なHCが排気系40に添加され排気中の還元成分濃度を高めることとなる。すな

わち、EGR制御（低温燃焼）を実施することにより、NO<sub>x</sub>触媒を昇温させる効果を得ることもできる。

【0042】〔バルブタイミング制御の概要〕ECU80は、カム角センサ95の出力信号に基づき排気カムシャフト91の回転位相を検出する一方、クランク角センサ77の出力信号に基づきクランクシャフトの回転位相を検出する。そして、排気カムシャフト91の回転位相とクランクシャフトの回転位相とを対比することによって、クランクシャフトと排気カムシャフト91との相対回転位相（排気バルブ91bのバルブタイミング）の実測値を把握する。その一方、各種センサの検出信号から把握されるエンジン1の運転状態に基づき、目標となる排気バルブ91bのバルブタイミング（目標値）を決定する。そして、排気バルブ91bのバルブタイミングの実測値が目標値と合致するようにVVT機構90の駆動（バルブタイミング制御）を行う。

【0043】〔バルブタイミング制御に基づくNO<sub>x</sub>触媒の早期活性化〕エンジン1の運転中、上死点近傍における排気バルブ91bの閉弁タイミングを進角或いは遅角させ、排気バルブ91b及び吸気バルブ92bの何れもが開弁状態になる期間（いわゆるバルブオーバーラップ期間）を調整すれば、排気行程を経たのち燃焼室20内に残留する排気（或いは吸気系30に吹き返す排気）の量を増大させることができ、これにより、EGR通路60を介して吸気系30に排気を還流させる場合と同様の効果、すなわち排気中のNO<sub>x</sub>量を低減させ、且つ、排気の温度を高めるといった効果（いわゆる内部EGRの効果）を得ることができる。より具体的には、負荷や回転数等、エンジン1の運転状態によって定まる所定の範囲を超えて、排気バルブ91bの閉弁タイミングを進角させると、バルブオーバーラップ期間において吸気系30から排気系40に吹き抜けるガス量が減じられるため、排気行程を経たのち燃焼室内に残留する排気の量を増大させることができる。一方、同じくエンジン1の機関回転数や負荷等の運転状態によって定まる所定の範囲を超えて、排気バルブの閉弁タイミングを進角させると、バルブオーバーラップ期間において排気系40から吸気系30に吹き返すガス量が増えるため、この場合も、排気行程を経たのち燃焼室内に残留する排気の量が増大する。すなわち、所定の範囲を超えて排気バルブの閉弁タイミングを進角させる制御、或いは所定の範囲を超えて排気バルブの閉弁タイミングを遅角させる制御の何れを行っても内部EGRの効果を得ることができる。

【0044】ところで、EGR制御を通じて行う低温燃焼、その他EGR率を高める制御では、エンジン1の機関運転に伴って発生する熱の一部がEGRクーラ62の作用で外部に放熱される。このため、例えばエンジン1が冷間始動を行っている場合や、低負荷及び低回転の状態にある場合等にEGR制御を実行すると、排気系40に設けられたNO<sub>x</sub>触媒の活性化を図る上で（或いはN

O<sub>x</sub>触媒が活性化された状態を保持する上で）同触媒への効率的な熱供給が必要とされているにも関わらず、エンジン1の機関運転に伴って不可避に発生する熱の一部がNO<sub>x</sub>触媒の昇温になんら寄与することなく、EGRクーラ62を介して廃熱されてしまうことになる。

【0045】この点、バルブタイミングの調整を通じて燃焼ガスへ排気を混入する場合、エンジン1の機関運転に伴って発生した熱が、より直接的にNO<sub>x</sub>触媒に作用する。

【0046】そこで、本実施の形態にかかるエンジン1では、排気系40に設けられたNO<sub>x</sub>触媒の活性化を図る上で、或いはNO<sub>x</sub>触媒が活性化された状態を保持する上で同触媒への熱供給が必要とされており、且つ、燃焼ガス中への不活性ガスを混入することがエンジン1の運転状態を好適化し得る条件が成立した場合には、EGR通路60を介した排気還流を禁止するとともに、VVT機構90を駆動して内部EGRの効果を得る制御を実施し、排気系40に設けられたNO<sub>x</sub>触媒を効率的に昇温させる。

【0047】〔具体的な制御手順〕次に、上記VVT機構90の駆動等を通じて行うNO<sub>x</sub>触媒の昇温制御について、ECU80による具体的な手順を説明する。

【0048】図3は、ECU80を通じて所定時間毎に実行される「触媒昇温制御ルーチン」を示すフローチャートである。

【0049】本ルーチンに処理が移行すると、ECU80は先ずステップS101において、現在、バルブタイミング制御を活用した排気の昇温が行われているか否かを判断する。そして、その判断が否定である場合にはステップS102に移行し、その判断が肯定である場合にはステップS105にジャンプする。

【0050】ステップS102においてECU80は、バルブタイミング制御を活用した排気の昇温を実施すべきか否かを判断する。例えば、以下の条件（1）、

（2）が何れも満たされている場合に、バルブタイミング制御を活用した排気の昇温を実施すべきであると判断すればよい。

（1）触媒ケーシング42に内蔵されたNO<sub>x</sub>触媒の温度が所定値を下回っている。ここで、NO<sub>x</sub>触媒の温度は、例えば各種センサの出力信号に基づいて把握されるエンジン1の運転状態の履歴と、現在の排気温度TEXとに基づいて推定すればよい。

（2）内部EGRの効果を得るために排気バルブの閉弁タイミングを遅角しても、機関燃焼（各燃焼室20内における混合気の燃焼状態）に不具合が生じないと推定される。同ステップS102における判断が肯定である場合、ECU80はEGR弁61を閉弁状態とした上で（ステップS103）、VVT機構90を駆動し排気バルブ91bの閉弁タイミングを遅角することにより、バルブオーバーラップ期間を所定の長さに設定する（ステッ

プS104)。一方、同ステップS102における判断が否定である場合、ECU80は本ルーチンを一旦抜ける。

【0051】上記ステップS104における処理を経た後、或いは上記ステップS101において、現在、バルブタイミング制御を活用した排気の昇温が行われている旨の判断がなされた場合、ECU80は、触媒ケーシング42に内蔵されたNO<sub>x</sub>触媒が活性化したか否かを逐次判断することになる(ステップS105)。そして、同触媒が十分に活性化されたものと判断した場合には、

バルブタイミング制御を活用した排気の昇温を終了し、通常に制御モードに復帰する(例えばEGR制御を再開する)。

【0052】以上の制御構造を適用する本実施の形態によれば、冷間始動時、或いは低温燃焼の実施に適した条件下において、EGR通路60を通じた排気を還流させることによって達せられる低温燃焼の効果、すなわち排気中のNO<sub>x</sub>やスモーク発生量の低減や排気の昇温といった効果が代替的に得らる。しかもこのとき、バルブタイミング制御を活用し、且つ、EGR弁61を閉弁状態に保持することにより、EGRクーラ62からの熱損失が生じないため、EGR通路60を介した排気を還流させることによって低温燃焼を行う場合に比べ、機関燃焼に伴って発生する燃焼ガスのエネルギーがより効率的に寄与して、排気の温度を上昇させる(NO<sub>x</sub>触媒を活性化させる)。

【0053】なお、本実施の形態にかかるエンジン1では、排気カムシャフトに取り付けられたVVT機構90を活用し、排気バルブの開弁タイミングを遅角させることによって内部EGR量を増大させる構成を適用した。これに替え、排気バルブの開弁タイミングを進角させることによって内部EGR量を増大する構成を適用することもできる。

【0054】さらに、VVT機構90を吸気カムシャフトに取り付け、吸気バルブ92bの開弁タイミングを進角或いは遅角させることによっても、本実施の形態と略同等の効果を得ることができる。

【0055】また、排気バルブ91bの開弁タイミングや吸気バルブ92bの開弁タイミングを制御する構成に限らず、排気バルブ91bの開弁動作時や吸気バルブ92bの開弁動作時、時間軸上に表される両バルブのリフト量のプロファイル(各バルブの動作特性)を変更する他の機構(例えば各バルブの最大リフト量を可変とする機構)を活用し、内部EGR量を増大させる構成を適用しても、本実施の形態と同等若しくはこれに準ずる効果を奏することはできる。

【0056】また、本実施の形態では、NO<sub>x</sub>触媒の活性化を行うべくバルブタイミング制御を実行している期間中、EGR弁61は閉弁状態に保持することとした。これに替え、EGR弁61を絞り(EGR弁61を僅か

に開いた状態とし)、EGR通路60を介して比較的小量の排気を吸気系30に還流させつつバルブタイミング制御を行うことで、外部EGRの作用と内部EGRの作用とを併せて獲得するような制御を行っても、本実施の形態に準ずる効果を奏することはできる。

【0057】また、本実施の形態にかかる制御構造は、エンジン1の排気系40に設けられたNO<sub>x</sub>触媒の早期活性化に貢献するものであった。しかしながら、NO<sub>x</sub>触媒に限らず、通常の三元触媒や酸化触媒等、活性化された状態を保持するために所定量の熱エネルギーを必要とする如何なる排気浄化用触媒を搭載したディーゼルエンジンに対しても、本実施の形態にかかる制御構造を適用することができる。

【0058】(他の実施の形態)上記実施の形態では、冷間始動時や冷間運転時等のような特定の条件下において、EGR弁61を閉弁状態にした(絞った)上で、排気バルブ91bの開弁タイミングや吸気バルブ92bの開弁タイミング等(吸排気バルブの動作特性)を目標となるタイミング(目標となる動作特性)に制御するといった制御構造を適用した。

【0059】これに対し、以下のようなハードウェア構成及び制御構造を適用することもできる。

【0060】まず、エンジン1の各燃焼室(気筒)20内の圧力を検出する筒内圧センサを別途設ける。そして、機関燃焼に伴う各燃焼室20内の圧力推移(混合気の燃焼状態)を観測する一方、冷間始動時や冷間運転時等には排気バルブ91bや吸気バルブ92bの動作特性を変化させ内部EGRの作用を徐々に高めていく制御を行う。そして、各燃焼室20における混合気の燃焼状態に乱れや不具合が検知された場合には、内部EGRの作用を減少させるように吸排気バルブの動作特性を変化させることで各燃焼室20内における混合気の燃焼状態を安定させるといったフィードバック制御を行う。

【0061】このようなハードウェア構成及び制御構造を適用することで、各燃焼室20に残留する排気量が過剰に増大することで発生するエンジン1の機関燃焼状態の不具合、或いはその前兆が、個々の燃焼室20について観測され、その観測結果がVVT機構90(或いは吸排気バルブの動作特性を可変とする他の機構)の動作に反映(フィードバック)されることになる。よって、エンジン1の排気特性を良好な状態に保持しつつNO<sub>x</sub>触媒の暖機を早期に完了する制御を実行する一方で、当該制御の実行中、エンジン1にとって安定した機関燃焼状態が保証されるようになる。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、機関運転に伴って発生する熱が効率的に活用されることで、冷間始動時等において不活性な状態にある(若しくは活性化し難い条件下にある)排気浄化触媒が速やかに活性されることになり、しかも排気還流の実行を通じて

得られる効果と同等の効果が、バルブ特性可変機構の動作を通じて代替的に得られる。このような制御構造を適用して排気浄化触媒を速やかに活性化させた後、排気還流による排気特性の最適化を開始することとすれば、排気浄化触媒の作用と、排気還流通路の作用と、バルブ特性可変機構の作用とを併せた総体的な排気浄化の効率が向上する。

【0063】また、各燃焼室に残留する排気量が過剰に増大することで発生する機関燃焼状態の不具合、或いはその前兆が、当該エンジンを構成する個々の燃焼室について観測され、その観測結果が前記バルブ特性可変機構の動作に反映（フィードバック）されることになる。よって、当該エンジンの排気特性を良好な状態に保持しつつ前記排気浄化触媒の暖機を早期に完了する制御を実行する一方で、当該制御の実行中、当該エンジンにとって安定した機関燃焼状態が確保される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態にかかるディーゼルエンジンシステムを示す概略構成図。

【図2】 同実施の形態にかかるバルブタイミング機構をその周辺部材と併せて概略的に示す斜視図。

【図3】 同実施の形態にかかる触媒昇温制御手順を示すフローチャート。

【符号の説明】

1 ディーゼルエンジン（エンジン）

10 燃料供給系

11 サプライポンプ

12 コモンレール

13 燃料噴射弁

16 調量弁

17 還元剤添加弁

20 燃焼室

30 吸気系

31 インタークーラ

32 スロットル弁

40 排気系

42 触媒ケーシング

50 ターボチャージャ

51 シャフト

52 排気側タービンホイール

53 吸気側タービンホイール

60 EGR通路

61 EGR弁

62 EGRクーラ

70 レール圧センサ

71 燃圧センサ

72 エアフロメータ

10 73a, 73b 空燃比（A/F）センサ

74 排気温センサ

75 NO<sub>x</sub>センサ

76 アクセルポジションセンサ

77 クランク角センサ

80 電子制御装置（ECU）

81 中央処理装置（CPU）

82 読み出し専用メモリ（ROM）

83 ランダムアクセスメモリ（RAM）

84 バックアップRAM

85 タイマーカウンタ

86 外部入力回路

87 外部出力回路

88 双方向性バス

90 VVT機構（バルブ特性可変機構の一例）

90A 排気カムプロケット

90B 吸気カムプロケット

90C タイミングチェーン

91 排気カムシャフト

91a 排気カム

30 91b 排気バルブ

91 排気カムシャフト

92 吸気カムシャフト

92a 吸気カム

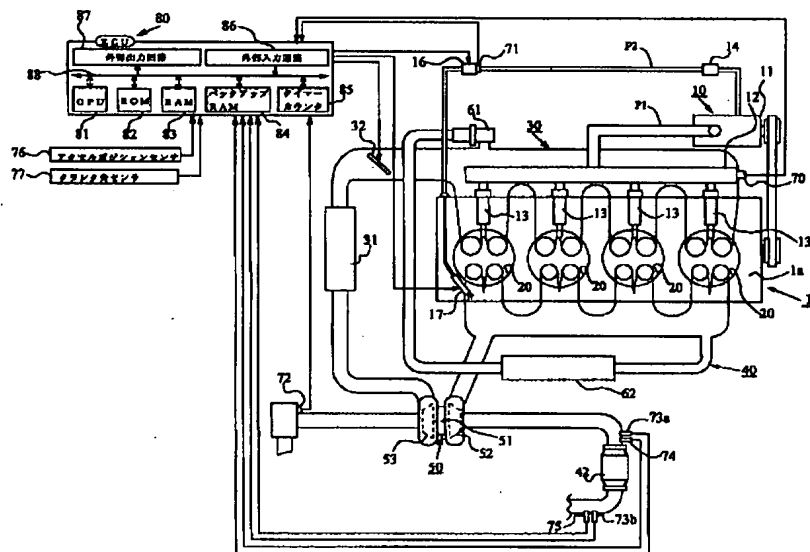
92b 吸気バルブ

95 カム角センサ

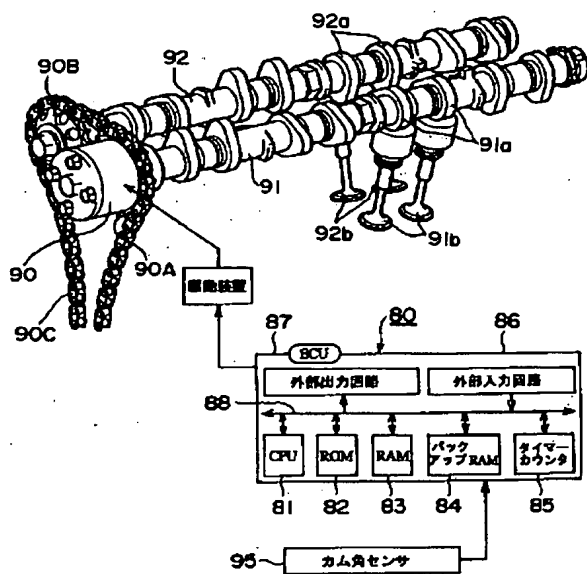
P1 機関燃料通路

P2 添加燃料通路

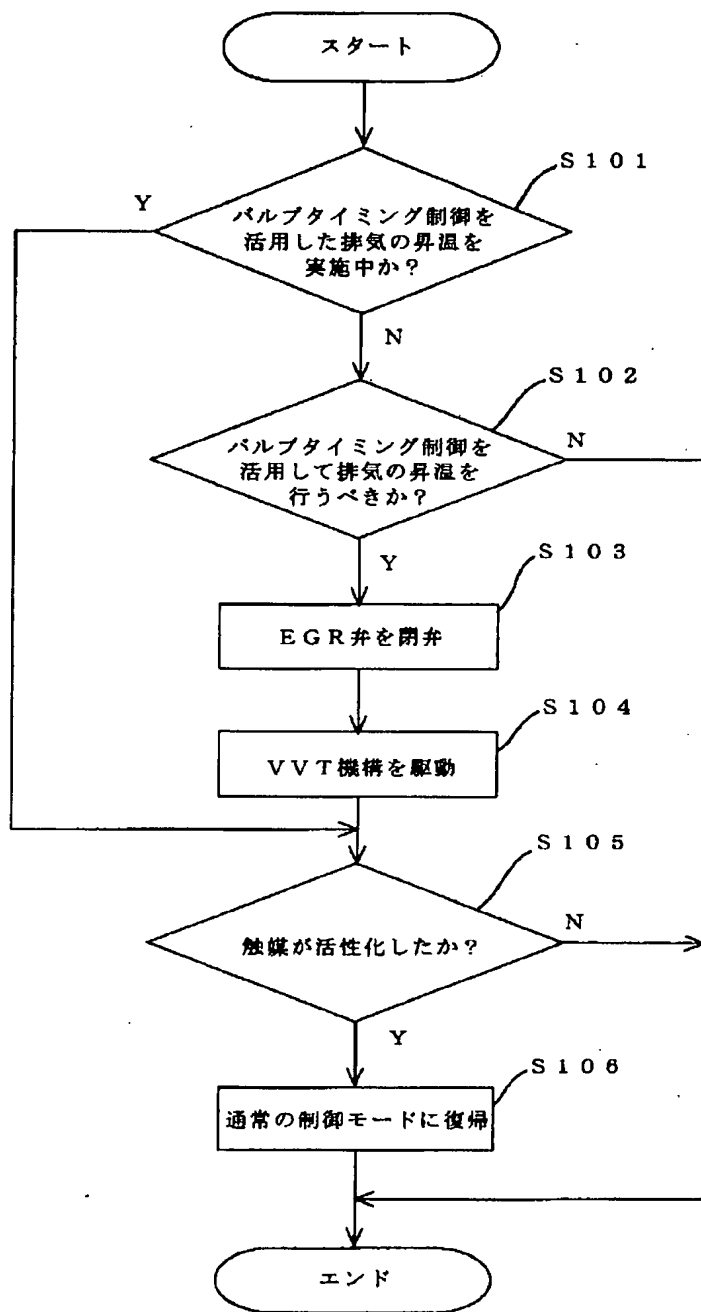
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>F01N 3/20  
3/24

識別記号

FI

F01N 3/24

F02D 13/02

テーマコード(参考)

R 3G301

S 4D048

J

(11)

特開2003-148225

F O 2 D 13/02

K

21/08 3 0 1

21/08

3 0 1 B

41/04 3 7 0

41/04

3 7 0

F O 2 M 25/07 5 1 0

F O 2 M 25/07

5 1 0 B

5 7 0

5 7 0 J

5 8 0

5 8 0 E

B O 1 D 53/36

1 0 3 B

1 0 3 C

(72)発明者 吉崎 康二

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72)発明者 小林 暢樹

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

F ターム(参考) 3G018 AA11 AA12 AB07 AB17 BA31  
CA01 CA18 DA70 EA02 EA11  
EA12 EA16 EA17 EA22 EA31  
FA01 FA27 FA28 GA08 GA09  
3G062 AA01 AA05 AA10 BA09 CA02  
CA03 CA07 DA02  
3G084 AA01 AA03 BA20 BA23 BA24  
CA01 CA02 CA03 DA10 EA11  
EB08 EB12 FA07 FA10 FA13  
FA20 FA21 FA26 FA27 FA28  
FA30 FA33 FA37 FA38  
3G091 AA02 AA10 AA11 AA18 AA28  
AB02 AB03 AB05 AB06 AB13  
BA00 BA03 BA04 BA14 BA15  
BA19 BA32 CA13 CA18 CB02  
CB03 CB07 CB08 DA01 DA02  
DB10 EA00 EA01 EA05 EA07  
EA12 EA17 EA18 EA30 EA31  
EA33 EA34 FA02 FA04 FA12  
FB02 FB10 FC07 GA06 GB01X  
GB02W GB03W GB04W GB05W  
GB06W GB10X GB16X HA14  
HA36 HA37 HB03 HB05 HB06  
3G092 AA02 AA11 AA17 AA18 AB03  
DA01 DA02 DA03 DA06 DA10  
DB03 DC09 DC15 EA02 EA03  
EA04 EC03 EC10 FA17 GA02  
GA04 GA05 HA01Z HA06Z  
HA13X HB03Z HC01Z HD01Z  
HD04Z HD06Z HD07X HE01Z  
HE03Z HE08Z  
3G301 HA02 HA06 HA11 HA13 HA19  
JA25 KA02 KA07 KA08 LA07  
MA12 NA07 NC02 ND03 ND04  
NE06 NE11 NE12 PA01Z  
PA11Z PB08Z PC01Z PD01Z  
PD08Z PD11Z PD15A PE01Z  
PE03Z PE08Z  
4D048 AA06 AA13 AA14 AA18 AB01  
AB02 BA02X BA03X BA14X  
BA15X BA18X BA30X BA41X  
BB02 CC27 CC38 CC51 DA01